

Aus der 2. medizinischen Abteilung des Bürgerspitals Basel

Vorsteher: Prof. Dr. med. H. Ludwig

Über die Verwendbarkeit
der Querdurchmessersumme
zur Größenbeurteilung des Herzens

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung
der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von
WILLIAM CHRIST
von Basel



1953

Verlag von S. Karger in Basel

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt
auf Antrag von Prof. Dr. med. H. Ludwig.

Basel, den 31. Oktober 1952

Tag der Promotion: 31. Okt 1952

I. Einleitung

Als klinische Untersuchungsmethoden zur Beurteilung des Herzens benützen wir hauptsächlich die Auskultation und Perkussion, das Elektrokardiogramm, die Funktionsprüfungen des Herzens sowie die Beurteilung der Größe und Form des Herzens vor dem Röntgenschirm. Die eigentliche röntgenologische Herzgrößenbestimmung spielt dagegen bei der Beurteilung des Herzens nur eine untergeordnete Rolle. Die Gründe hierfür liegen größtenteils darin, daß die Methoden zur Herzgrößenbestimmung sich erst in den letzten Jahrzehnten zu einer brauchbaren Stufe entwickelt haben, zum Teil aber auch

darin, daß man in vielen Fällen ohne eine spezielle röntgenologische Herzgrößenbestimmung auskommt, nämlich immer dann, wenn das Herz röntgenologisch eindeutig normal groß oder eindeutig vergrößert erscheint, ferner immer dann, wenn andere Untersuchungsmethoden einen pathologischen Befund ergeben. Auch herrschte bisher noch wenig Klarheit, zu welchen Körpermaßen die röntgenologisch bestimmte Herzgröße, zum Beispiel das Herzvolumen, am besten in Beziehung gesetzt werden muß, um beurteilt werden zu können. Zur Berechnung des Herzvolumens aus dem Röntgenbild, beziehungsweise dem Orthodiagramm, braucht es einen gewissen Aufwand an Apparaturen und Zeit, wodurch diese Methode etwas an praktischer Bedeutung einbüßt, so daß sie sich bei uns noch nicht eingebürgert hat, während sie z. B. in den skandinavischen Ländern schon in klinischem Gebrauch ist.

Die Möglichkeit der Verwendung eines einfach zu bestimmenden Herzmaßes würde die klinische Anwendung zweifellos wesentlich fördern. Es darf sich dabei allerdings nicht um eine fehlerhafte Verwendung handeln, wie die des Transversaldurchmessers im Lungenherzquotienten (*Ludwig*).

Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, die Verwendung des aus dem Orthodiagramm ermittelten Herztransversaldurchmessers (T) und der Querdurchmessersumme $[T_s]$ das heißt der Summe des Herztransversaldurchmessers im dorsoventralen Orthodiagramm und des größten horizontalen Herztiefendurchmessers im seitlichen Orthodiagramm, zur Beurteilung der Herzgröße mit der Verwendung des aus dem Orthodiagramm berechneten Herzvolumens zu vergleichen.

Für die Beurteilung der Herzgröße aus dem Orthodiagramm kommt es nicht allein darauf an, das Herzvolumen röntgenologisch möglichst genau zu ermitteln, sondern es geht darum, im Röntgenbild, bzw. im Orthodiagramm, ein Herzmaß zu finden, dessen Sollwert sich aus einigen Körpermaßen möglichst genau berechnen läßt. Dazu muß dieses Herzmaß möglichst enge korrelative Beziehungen zu einigen wichtigen Körpermaßen aufweisen.

Ludwig hat seinerzeit an Sanitätsgefreiten, d. h. an jungen 20–25-jährigen Männern folgende Korrelationskoeffizienten berechnet, aus denen die besonders engen Beziehungen zwischen der Transversaldurchmessersumme und dem Volumen hervorgehen. Ganz speziell sind diese Beziehungen zum Volumen auch deutlich enger als die des Herzrechtecks (R), d. h. der Kombination von Herzlänge (L) und Herzbreite (B).

$$\begin{array}{lll} r_{VL} = 0,56, & r_{VB} = 0,51, & r_{VR} = 0,72 \\ r_{VT} = 0,60, & r_{VT_{90h}} = 0,69, & r_{VT_s} = 0,82. \end{array}$$

II. Entwicklung der röntgenologischen Herzgrößenbestimmung

Mit der Entdeckung der Orthodiagraphie durch *Moritz* (1900) war man in der Lage, genaue Aufzeichnungen von Herzsilhouetten zu erhalten. Man versuchte zuerst, aus einer einzigen solchen Herzsilhouette, die man bei dorsoventralem Strahlengang erhielt, das Herzvolumen zu berechnen. Die dabei erreichten Resultate waren aber durchwegs unbefriedigend. *Rohrer* war 1916 der erste, der zur Berechnung des Herzvolumens alle drei Dimensionen berücksichtigte, indem er neben der dorsoventralen Herzsilhouette noch den Herztiefendurchmesser im seitlichen Orthodiagramm in seiner Formel verwendete. Damit war ein gangbares Verfahren gefunden, um die Herzgröße röntgenologisch zu bestimmen. Seine Bedeutung erhielt dieses Verfahren jedoch erst dadurch, daß *Kahlstorf*, der auf anderen Wegen zu derselben Formel gelangte, sie durch Vergleich der röntgenologisch erhaltenen Zahl mit der Wasserverdrängung bestätigte. Er hat nach Anwendung der Formel an zahlreichen Gesunden und Kranken den Quotienten Herzvolumen zu Körpergewicht (V/g) für die Beurteilung empfohlen. *Ludwig* begann dann das Herzvolumen mit anderen Körpermaßen in Beziehung zu setzen, wodurch erst eine genauere Beurteilung des berechneten Herzvolumens möglich wurde.

Nach *Rohrer* und *Kahlstorf* ist das Herzvolumen gleich dem Produkt aus der Herzfläche im dorsoventralen Orthodiagramm, dem größten Herztiefendurchmesser im seitlichen Orthodiagramm und einer Konstanten, nämlich 0,63. *Ludwig* hat später diese Formel dahin abgeändert, daß er die Herzfläche durch das sogenannte Herzrechteck (R), das Produkt aus Herzlänge und Herzbreite, ersetzte und einen anderen Tiefendurchmesser (T_{90h}) wählte. Diese Modifikation hat den Vorteil, daß das Ausmessen der Herzfläche wegfällt, sie stellt also eine Vereinfachung der Methode dar. Natürlich ist bei der modifizierten Formel auch die Konstante eine andere, sie wird somit:

$$V = R \times T_{90h} \times 0,46.$$

Nach dieser Formel wurde das Herzvolumen in unseren im folgenden angeführten Versuchen berechnet. Es stellt zweifellos das exakteste Maß für die Herzgröße dar. Zur Verwendung bei der Beurteilung der Herzgröße hat es aber den Nachteil, daß seine Berechnung einen gewissen Aufwand an Zeit und Mühe erfordert, was besonders für den praktischen Gebrauch eines Verfahrens von Bedeutung ist. Zudem ist die Herzvolumenbestimmung in manchen Fällen ungenau oder sogar nur approximativ möglich, dann zum Beispiel, wenn im

Orthodiagramm die Herzspitze und damit auch die zur Berechnung des Volumens benötigte Herzlänge (L) nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann. Dies ist der Fall, wenn die Herzspitze, wie dies öfters vorkommt, in den Schatten der linken Zwerchfellkuppe zu liegen kommt.

Da man sich außerdem bewußt war, daß die Herzvolumenbestimmung letzten Endes auf der Messung verschiedener linearer Größen im Herzorthodiagramm beruht, nämlich auf der Messung der Herzlänge und der Herzbreite im dorsoventralen Orthodiagramm und des größten horizontalen Herztiefendurchmessers im seitlichen Orthodiagramm, lag es auf der Hand, auch andere lineare, röntgenologisch bestimmbare Herzgrößen in bezug auf ihre Abhängigkeit vom Herzvolumen zu prüfen.

Mit der Möglichkeit, das Herzvolumen aus dem Orthodiagramm exakt berechnen zu können, ist das Problem der Beurteilung der Herzgröße noch keineswegs gelöst. *Für die Beurteilung kommt es nicht nur darauf an, das Herzvolumen möglichst genau zu berechnen, sondern ebenso sehr, ein Herzmaß zu kennen, für welches sich aus Körpermaßen sein wahrscheinlichster Wert möglichst genau berechnen läßt, das also möglichst genaue, konstante und dadurch zuverlässige Bezugsmaße aufweist.*

Aus früheren Arbeiten von Ludwig über die Herzgrößenbeurteilung aus dem Orthodiagramm geht hervor, daß vor allem die Kombination des Transversaldurchmessers im dorsoventralen Orthodiagramm mit dem größten horizontalen Herztiefendurchmesser [T_{90h}] im seitlichen Orthodiagramm, der ja auch für die Volumenberechnung benützt wird, eine starke Abhängigkeit vom Herzvolumen aufweist (siehe S. 435). Ob diese beiden Querdurchmesser aus zwei senkrecht aufeinander stehenden Projektionsrichtungen miteinander multipliziert werden, oder ob man sie addiert, ergibt in bezug auf ihre Korrelationen zum Herzvolumen das gleiche Resultat. Wir haben somit in der Summe dieser beiden Transversaldurchmesser, die Ludwig als *Querdurchmessersumme* [T_s] bezeichnet hat, ein einfaches Maß für die Herzgröße. Steht allein ein dorsoventrales Orthodiagramm zur Verfügung, so gibt der Transversaldurchmesser die beste Auskunft über das Herzvolumen, doch ist hierbei zu berücksichtigen, daß dieser stark von der Lage des Herzens im Thorax abhängig ist.

Ungerleider stellte [1941] bei seinen Untersuchungen über den Herztransversaldurchmesser in der Thoraxfernaufnahme enge Beziehungen desselben zum Körpergewicht und zur Körpergröße fest. Er bezeichnet den Transversaldurchmesser als

das einfachste und brauchbarste Maß der Herzsilhouette in der dorsoventralen Thoraxfernaufnahme. Im weiteren stellten *Sherman* und *Ducey* (1944) eine enge Beziehung des aus Thoraxfernaufnahmen gemessenen Herztransversaldurchmessers zum Herzgewicht fest, indem sie bei 200 erwachsenen männlichen Personen, bei denen innerhalb 90 Tagen vor dem Tod eine Thoraxaufnahme gemacht wurde, den daraus gemessenen Transversaldurchmesser mit dem bei der Autopsie festgestellten Herzgewicht verglichen.

III. Eigene Untersuchungen

Material:

Als statistisches Material, an dem wir diese Fragen untersucht haben, dienten 200 Basler Polizisten, alles Leute mit einem sicherlich gesunden, funktionstüchtigen Kreislaufapparat, im übrigen aber von sehr verschiedener Konstitution, wenn auch körperlich vielleicht etwas besser entwickelt als der Durchschnitt der Bevölkerung. Die Zahlenwerte für die verschiedenen Körpermaße und die orthodiagraphischen Herzmaße dieser Polizisten wurden 1942 von *Ludwig* und *Goridis* in Untersuchungen ermittelt, welche noch nicht veröffentlicht sind.

Für unsere Berechnungen haben wir verwendet:

g = Körpergewicht in kg auf 500 g genau; h = Körpergröße in cm auf 0,5 cm genau; b = orthodiagraphische Thoraxbreite: horizontale Distanz zwischen den lateralen Lungengrenzen auf der Höhe der rechten Zwerchfellkuppe im dorsoventralen Orthodiagramm; t = orthodiagraphische Thoraxtiefe: horizontale Distanz zwischen Sternum und Wirbelsäule auf Höhe der rechten Zwerchfellkuppe im seitlichen Orthodiagramm; a = Alter; V = orthodiagraphisches Herzvolumen: Herzvolumen in ccm berechnet aus dem Orthodiagramm nach der durch *Ludwig* modifizierten Formel von *Kahlstorf*; T = orthodiagraphischer Herztransversaldurchmesser: Summe der Lote der beiden am weitesten entfernten Punkte des linken und rechten Herzrandes auf die Medianlinie; T_{90h} = größter horizontaler Herztiefendurchmesser im seitlichen Orthodiagramm.

Es sei hier noch festgehalten, daß die Orthodiagramme an der stehenden Untersuchungsperson aufgenommen wurden und, daß bei der orthodiagraphischen Aufzeichnung am Ventrikel wie am Vorhof der lateralste Punkt der Herzrandbewegungen festgehalten wurde, so daß der Herzschaten bei gleichzeitiger Füllung von Ventrikeln und Vorhöfen zur Darstellung kam.

Zur Übersicht über das untersuchte Kollektiv geben wir für die zu unseren Versuchen benützten Körper- und Herzmaße, sowie für das Alter an:

	M	V	σ	v
g	72,4 kg	58,0–100,5 kg	7,36	10,0
h	176,2 cm	160,0–192,5 cm	5,25	3,0
b	26,6 cm	22,9– 30,9 cm	1,62	6,1
t	11,7 cm	7,8– 16,0 cm	1,49	12,7
a	35,9	23 – 58	7,15	19,4
V	668,0 ccm	443 –1049 ccm	110,4	16,6
T	12,8 cm	9,5– 16,9 cm	1,11	8,7
T _s	23,1 cm	19,6– 28,4 cm	1,65	7,1

V = die Variationsbreite, d. h. die Differenz der Extremwerte;

M = der arithmetische Mittelwert;

σ = die von *Pearson* als Maß der Streuung eingeführte Standardabweichung, es ist dies die Quadratwurzel aus dem Durchschnitt der Quadrate der Abweichung der einzelnen Varianten;

v = Variabilitätskoeffizient, die in Prozenten des Mittelwertes ausgedrückte Standardabweichung.

Vorgehen

Um die Abhängigkeit zweier Kollektive, in unserem Falle Herzmaße und Körpermaße, voneinander zahlenmäßig zu erfassen, bedienen wir uns des nach der Formel von *Bravais* errechneten *Korrelationskoeffizienten*. Dieser Korrelationskoeffizient ist eine zwischen + 1 und – 1 gelegene Zahl. Bei den Extremwerten + 1 und – 1 liegt eine vollständige Abhängigkeit der einen Größe von der anderen vor, das heißt jedem Wert der einen Größe würde in diesem Fall ein ganz bestimmter Wert der anderen Größe entsprechen. Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0 besteht gar keine Abhängigkeit der beiden Größen voneinander, mit einem gegebenen Wert der einen Größe kann in diesem Fall jeder beliebige Wert der anderen Größe mit gleicher Wahrscheinlichkeit kombiniert sein, so daß bei Kenntnis der einen nichts über die andere Größe ausgesagt werden kann. Der Korrelationskoeffizient ist positiv, wenn eine Variable mit Zunahme der anderen wächst, negativ dagegen, wenn die eine Variable mit Zunahme der anderen abnimmt.

Um auszuschließen, daß eine Korrelation zwischen zwei Variablen vorgetäuscht wird durch die engen korrelativen Beziehungen der einen dieser beiden Variablen zu einer dritten, berechnen wir die Korrelation unter der Voraussetzung, daß diese in Frage kommende dritte Größe konstant sei. So ist zum Beispiel die Korrelation zwischen Herzvolumen und Körpergröße eine ganz andere, sobald wir sie bei konstantem Körpergewicht untersuchen. Dies zeigt uns, daß die Korrelation zwischen Herzvolumen und Körpergröße ganz vorwiegend durch die enge Verbundenheit von Körpergröße und Körpergewicht, welches seinerseits eine gute korrelative Beziehung zum Herzvolumen aufweist, zustande gekommen ist. Indem wir so den Einfluß weiterer Variablen bei der Berechnung eines Korrelationskoeffizienten ausschließen, erhalten wir entsprechend der Anzahl der als konstant angenommenen Größen, die Korrelationskoeffizienten «erster», «zweiter», «dritter», usw. «Ordnung».

Für unsere 200 Polizisten waren die Bravais'schen Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen von g , h , b , t , u und a untereinander und zum Herzvolumen, und im weiteren für die Beziehungen all dieser Größen zum Herztransversaldurchmesser und zur Querdurchmessersumme von *Ludwig* und *Goridis* in der von ihnen erwähnten Arbeit schon berechnet. Ebenso sind die aus den Korrelationskoeffizienten und den Standardabweichungen (*Pearson*) ableitbaren Formeln zur Berechnung von V , T_s und Taus Körpermaßen fast alle aus diesen Arbeiten entnommen, so daß wir nur noch einige wenige ergänzend beizufügen hatten.

Als Beispiel, wie man zu einer solchen Formel gelangt, geben wir hier die Ableitung der Formel für die Berechnung des Herzvolumens aus dem Körpergewicht: aus dem Korrelationskoeffizienten $r_{Vg} = 0,431$ und den Standardabweichungen $\sigma_V = 110,4$ und $\sigma_g = 7,36$ läßt sich nach der Formel

$$RV_g = r_{Vg} \times \frac{\sigma_V}{\sigma_g}$$

der sogenannte *Regressionskoeffizient* berechnen, der die Größenzunahme der einen Variablen bei Zunahme der andern um die Maßeinheit angibt; in unserem Beispiel sagt er aus, um wieviel ccm das Herzvolumen durchschnittlich zunimmt, wenn das Körpergewicht um 1 kg ansteigt.

$$RV_g = 0,431 \times \frac{110,4}{7,36} = 6,44$$

Für jeden Wert von g läßt sich der *wahrscheinlichste Wert* von V dann nach der Gleichung berechnen:

$$V - MV = 6,44 (g - M_g)$$

Setzen wir die Werte der arithmetischen Mittel M_V und M_g ein, so erhalten wir:

$$\begin{aligned} V - 688 &= 6,44 (g - 72,4) \text{ oder} \\ V &= 6,44 g + 199 \end{aligned}$$

Aus den von *Ludwig* und *Goridis* berechneten Korrelationskoeffizienten ist ersichtlich, daß vor allem g , b und t eine starke korrelative Verbundenheit, sowohl mit V wie auch mit T und T_s aufweisen:

$r_{Vg} = 0,431$	$r_{Tg} = 0,440$	$r_{T_s^g} = 0,271$
$r_{Vh} = 0,249$	$r_{Th} = 0,052$	$r_{T_s^h} = 0,0099$
$r_{Vb} = 0,353$	$r_{Tb} = 0,398$	$r_{T_s^b} = 0,166$
$r_{Vt} = 0,336$		$r_{T_s^t} = 0,308$
$r_{Va} = 0,166$	$r_{Ta} = 0,225$	$r_{T_s^a} = 0,127$

In den nachstehenden Tabellen sind die aus unserem Material erhaltenen Formeln, aus denen, unter Berücksichtigung von einem, zwei oder mehr Körpermaßen und des Alters, jeweils die entsprechende wahrscheinlichste Herzgröße (Volumen, Transversaldurchmesser oder Querdurchmessersumme) berechnet werden kann, zusammengefaßt.

Die Streuung eines Kollektivs, zum Beispiel von V, wird natürlich, sobald eine mit diesem in korrelativer Beziehung stehende Variable, zum Beispiel g, gegeben ist, kleiner als die Streuung des gesamten Kollektivs, und zwar um so kleiner, je enger seine Beziehung zur gegebenen Variablen ist. Es wird daher in unseren Formeln die Streuung der zu berechnenden Variablen, zum Beispiel von V, um so kleiner, je mehr Körpermaße in der Formel berücksichtigt werden. In den Tabellen ist zu jeder Formel die dem Herzvolumen, dem T oder der Ts entsprechende Streuung angegeben, und zwar sowohl als absoluter Wert durch die Standard-Abweichung, wie durch den Variabilitätskoeffizienten, d. h. die Standard-Abweichung in Prozenten des arithmetischen Mittelwertes.

Die *erste Aufgabe*, die wir uns gestellt haben, bestand darin, festzustellen, wie weit die von *Ludwig* und *Goridis* am Gesamtkollektiv berechneten Formeln am Einzelfall Abweichungen von den ermittelten Werten ergeben, also z. B. wie weit der aus den Körpermaßen berechnete Sollwert für das Herzvolumen von dem aus den einzelnen röntgenologischen Werten an Hand der Formel bestimmten Volumen abweicht. Es setzt dies die Berechnung aller 200 Sollwerte und ihrer Abweichungen vom Istwert voraus. Der Mittelwert aus diesen 200 Abweichungen wurde als «durchschnittliche Abweichung» bezeichnet (siehe Tabelle 1). Sie liegt in Prozenten des Mittelwertes ausgedrückt stets in der Größenordnung des Variabilitätskoeffizienten und hält sich immer etwas (meist um $\frac{1}{5}$) niedriger;

für das Volumen	zwischen 11,2% und 11,6%
für den Transversaldurchmesser	zwischen 5,6% und 7,1%
für die Querdurchmessersumme	zwischen 3,9% und 4,6%

Die *zweite Aufgabe* sahen wir darin, zu entscheiden, ob die Verwendung der Querdurchmessersumme gegenüber der des Volumens und des Transversaldurchmessers Vorteile aufweist.

Transversaldurchmesser und Querdurchmessersumme können als lineare Maße ohne weiteres miteinander verglichen werden, so daß eine eindeutige Überlegenheit der Querdurchmessersumme hervorgeht, deren durchschnittliche Abweichung rund 4% beträgt gegenüber $5\frac{1}{2}\%$ für den Transversaldurchmesser. Ein Volumenmaß wie das Herzvolumen hat hingegen ohnehin eine höhere Streuung als ein lineares Maß. Ein Vergleich der durchschnittlichen Abweichung ist also nicht möglich. Wir können hingegen die prozentuale Abnahme der Standardabweichung des Sollwertes, und zwar desjenigen mit der

TABELLE 1

Formeln zur Berechnung des Sollwertes des Herzvolumens

	durchschnittl. Abweichung			
	absolut:	in %:	σ	v
$V = 2,51 g + 3,45 h + 15,0 b + 16,9 t + 1,93 a$ — 791	74,77 ccm	11,20	94,2	14,1
$V = 4,5 g + 2,42 h + 15,5 b + 17,0 t - 701$	75,59 ccm	11,32	94,6	14,15
$V = 3,57 g + 16,0 b + 14,7 t + 1,27 a - 236$	75,33 ccm	11,28	95,4	14,3
$V = 3,38 g + 15,9 b + 15,3 t - 180$	75,32 ccm	11,28	95,7	14,35
$V = 3,67 g + 2,28 u + 2,42 a + 3,63 h - 537$	75,94 ccm	11,37	97,5	14,6
$V = 5,18 g + 3,19 h + 1,86 a - 337$	76,45 ccm	11,45	97,6	14,6
$V = 22,30 b + 23,0 t - 198$	76,74 ccm	11,50	97,6	14,6
$V = 6,28 g + 1,78 a + 147$	76,64 ccm	11,48	98,8	14,8
$V = 5,82 g + 1,85 h - 82$	78,29 ccm	11,73	99,1	14,85
$V = 6,44 g + 199$	77,58 ccm	11,62	99,6	14,9

geringsten Streuung mit der des Grundmaßes verglichen, was folgendes Resultat ergibt:

			Diff.	in %
V	110,4	94,2	— 16,2	— 14,7%
T	1,11	0,92	— 0,19	— 17,1%
T_s	1,65	1,16	— 0,49	— 29,8%

Während die Streuung des Volumens nur um weniger als 15% abnimmt, verringert sich die der Querdurchmessersumme um fast 30%.

Die durch Berechnung des röntgenologischen Volumens erzielte bessere Annäherung an die Herzgröße wird somit durch engere korrelative Beziehung der Querdurchmessersumme zu den Körpermaßen, die eine genauere statistische Voraussage erlaubt, wenigstens wettgemacht.

Bei Verwendung der Formel für die Querdurchmessersumme in Abhängigkeit von Gewicht, Größe, Thoraxbreite, Thoraxtiefe und Alter, müssen wir mit einer durchschnittlichen Abweichung von 3,9% rechnen, bei Verwendung der entsprechenden Formel für das Volumen mit 11,2%. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die Verwendung des sog. Lungenherzquotienten $\frac{T}{b}$ auf unser Material angewendet, eine durchschnittliche Abweichung von 42,1% ergibt, die des heute viel

TABELLE 2

Formeln zur Berechnung des Sollwertes des Herztransversaldurchmessers

	durchschnittl. Abweichung			v
	absolut	in %	σ	
$T = 0,0636 g + 0,192 b + 0,00962 a$ — $0,0544 h + 12,4$	0,723 cm	5,65	0,918	7,17
$T = 0,0628 g + 0,192 b - 0,059 h + 13,6$	0,721 cm	5,63	0,92	7,18
$T = 0,0486 g + 0,162 b + 0,0229 a + 4,16$	0,755 cm	5,93	0,95	7,42
$T = 0,0495 g + 0,174 b + 4,60$	0,763 cm	5,96	0,964	7,53
$T = 0,039 g + 0,0506 u + 5,22$	0,773 cm	6,04	0,986	7,7
$T = 0,0664 g + 8,0$	0,772 cm	6,03	0,996	7,78
$T = 0,0982 u + 3,58$	0,784 cm	6,12	0,999	7,81
$T = 0,256 b + 0,0255 a + 5,1$	0,795 cm	6,21	1,00	7,81
$T = 0,272 b + 5,58$	0,909 cm	7,1	1,02	7,97

gebrauchten Verhältnisses Volumen zu Körperoberfläche eine solche von 21,7%.

TABELLE 3

Formeln zur Berechnung des Sollwertes der Querdurchmessersumme

	durchschnittl. Abweichung			v
	absolut	in %	σ	
1. $T_s = 0,107 g + 0,0966 b + 0,552 t$ + $0,0127 a - 0,0699 h + 18,18$	0,910 cm	3,94	1,16	5,0
2. $T_s = 0,110 g + 0,051 b + 0,557 t$ + $0,028 a + 6,35$	0,943 cm	4,08	1,19	5,15
3. $T_s = 0,176 g + 0,141 b + 0,551 t$ — $0,085 h + 15,25$	1,064 cm	4,61	1,18	5,1
4. $T_s = 0,1104 g + 0,0883 b + 0,582 t + 6,0$	0,973 cm	4,22	1,21	5,2
5. $T_s = 0,158 b + 0,726 t + 10,5$	0,95 cm	4,11	1,27	5,5

Es geht aus den drei Tabellen hervor, daß bei der Berechnung des Sollwertes für das Herzvolumen die Verwendung des Gewichtes und der aus den beiden Orthodiagrammen ablesbaren Werte der Thoraxbreite und der Thoraxtiefe schon eine wesentliche Herabsetzung der Streuung gegenüber dem Sollwert aus dem Gewicht allein oder den beiden Thoraxmaßen ergibt, daß aber die zusätzliche Verwendung der Größe und des Alters eine eindeutige weitere Verbesserung der

Voraussage bedeutet. Auch für den Transversaldurchmesser genügen Gewicht und Thoraxbreite nicht. Die Zuziehung der Größe ergibt eine deutliche Verbesserung, während sich das Alter als ohne Einfluß erweist. Für die Querdurchmessersumme sind dieselben Maße zu empfehlen, wie für das Volumen, nämlich Gewicht, Größe, Alter, Thoraxbreite und Thoraxtiefe.

IV. Zusammenfassung

Die Nachprüfung von 10 Formeln für das Herzvolumen, 9 Formeln für den Transversaldurchmesser und 5 Formeln für die Querdurchmessersumme mittels Bestimmung der Differenz zwischen dem aus den Formeln berechneten Sollwert und dem im Einzelfall ermittelten Wert ergibt eine gute Übereinstimmung. Im Durchschnitt ist die auf diese Weise ermittelte durchschnittliche Abweichung um ein Fünftel niedriger als der Variabilitätskoeffizient.

Für den Sollwert des Volumens beträgt die geringste durchschnittliche Abweichung 11,2%, für den des Transversaldurchmessers 5,6% und für den der Querdurchmessersumme 3,9%.

Bei Verwendung der hier untersuchten Körpermaße und des Alters nimmt die Standardabweichung des Sollwertes gegenüber der des Grundmaßes bei der Querdurchmessersumme um 29,8% ab, beim Transversaldurchmesser um 17,1% und beim Volumen nur um 14,7%. Die Querdurchmessersumme bietet somit in bezug auf die Genauigkeit der statistischen Beurteilung wesentliche Vorteile gegenüber den beiden anderen Herzmaßen.

Summary

Testing of 10 formulae for the heart volume, 9 for the transverse and 5 for the sum of the transverse diameter and the depth diameter of the heart by determining the difference between the expected and the obtained values shows a satisfactory agreement. On an average the difference is by one fifth less than the coefficient of variability.

For the expected value of the volume the smallest average deviation is 11.2%, for the transverse diameter 5.6% and for the sum of the transverse diameter and the depth diameter 3.9%.

The use of the transverse diameter is therefore more accurate than the use of the other measurements.

Résumé

Dans le but de déterminer la meilleure méthode pour le calcul de la grandeur du cœur et pour le diagnostic d'un agrandissement cardiaque, l'auteur a calculé l'écart entre la valeur obtenue pour chacun des 200 individus normaux examinés et la valeur normale calculée à partir de diverses formules. Il a comparé la «somme des diamètres transversaux» proposée par *Ludwig* (c'est-à-dire: la somme du diamètre transversal en incidence P.-A. et du plus grand diamètre de profondeur) avec le volume cardiaque et le diamètre transversal. De la comparaison des écarts moyens obtenus, il ressort que la «somme des diamètres transversaux» est préférable au diamètre transversal à lui seul, pour la détermination de la grandeur cardiaque et qu'elle est au moins équivalente au volume cardiaque, dont la détermination est plus compliquée.

Literaturverzeichnis

Cottet, P.: Radiol. clinica 16, 103, 1947. — *Kahlstorf, A.*: Fortschr. Röntgenstr. 45, 123, 1932. — *Idem*: Klin. Wschr. 1933, 262. — *Laubry, Ch., P. Cottenot, D. Routier und J. Heim de Balsac*: Radiologie clinique du cœur 1939, 50. — *Ludwig, H.*: Fortschr. Röntgenstr. 59, 1, 1939; 59, 139, 1939. — *Idem*: Radiologia clinica 3, 213, 1939. — *Idem*: Helv. Med. Acta 8, 800, 1941; 13, 352, 1946. — *Moritz, F.*: Münch. med. Wschr. 1900, Heft 29; 1900, Heft 47, 601. — *Rohrer, F.*: Fortschr. Röntgenstr. 24, 285, 1916. — *Sherman, C. F., and E. F. Ducey*: Amer. J. Roentgenol. 51, 439, 1944. — Symposium on Roentg. Heart Vol. Determination, Cardiologia 14, 368, 1949. — *Ungerleider, H. E.*: Assn. Life Insurance Med. Dir. America 28, 49, 1941. — *Idem*: Am. Heart Journal 24, 494, 1941.